

クラスターイオンと固体表面の相互作用

Interaction between cluster ion beams and solid surfaces

京都大学大学院 工学研究科 附属光・電子理工学教育研究センター 龍頭啓充

背景と目的

今日、イオンビーム技術は、半導体工業をはじめとする様々な産業分野において広く利用されている。中でも半導体デバイス製造においては、イオン注入や微細加工における鍵となる技術として、欠かすことが出来ないものである。近年、半導体デバイスの性能向上のために、極めて浅い領域へのイオン注入技術のさらなる開発が求められている。この際、ボロン等注入原子の拡散を抑制する方法の一つとして、炭素イオンの注入が注目されている。極めて浅い領域へのイオン注入においては、短飛程を実現するための低エネルギーと、空間電荷効果により制限されるビーム強度がトレードオフの関係になると考えられる。この両者を実現する方法の一つに多原子分子イオンビームの利用が挙げられる。多原子分子イオンは炭素原子ビームに比べて短飛程であり、しかも高い質量電荷比を持つため、実用的なビーム強度で、極めて浅いイオン注入の実現が期待できる。

多原子分子イオンビームの材料として、直鎖アルカンを用いることを検討している。イオン化には電子衝撃法を検討しているが、このイオン化法ではフラグメントイオンが生成されることが知られている。本研究では、多原子分子イオンビームの材料として使用予定のn-テトラデカン($C_{14}H_{30}$)を電子衝撃法でイオン化した際に生成される $C_{12}H_{25}$ フラグメントのSi(100)表面への衝突過程について検討した。

検討内容

$C_{12}H_{25}$ フラグメントを Si(100)表面へ入射した場合について計算を行った。計算には Materials Studio 6.0 の CASTEP を用いた。図 1 に初期状態におけるシリコン及び $C_{12}H_{25}$ フラグメントの配置を示す。 $C_{12}H_{25}$ フラグメントに、基板表面に垂直に入射する方向の初速度を与えシミュレーションを行った。初速度は、炭素原子 1 個当たりの入射エネルギーが 50 eV の場合に相当する、25.8 nm/ps とした。

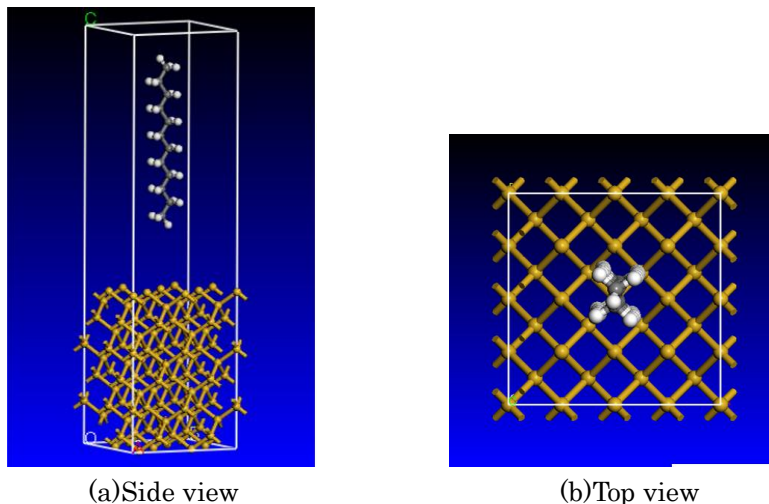
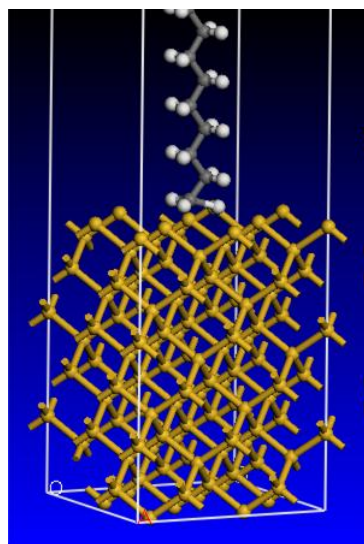


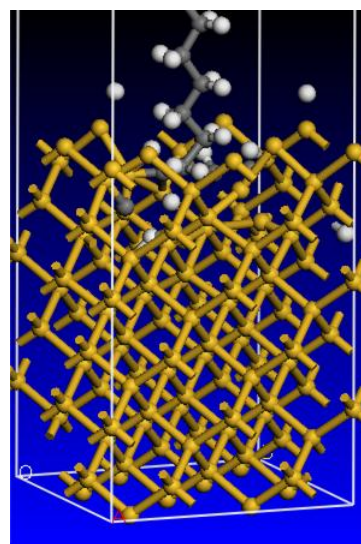
図 1: シリコン結晶及び $C_{12}H_{25}$ フラグメントの初期状態

結果及び考察

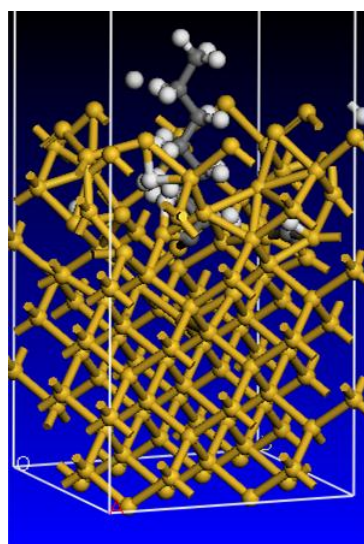
図 2 に $C_{12}H_{25}$ フラグメントがシリコン表面に入射した時点から 72 fs 経過後までのシミュレーション結果を示す。 $C_{12}H_{25}$ フラグメントのうちシリコン表面に到達した部分は、直ちに解離し、水素原子の一部は後方に散乱した。一方炭素原子はシリコン原子との衝突を繰り返しながら、時間の経過とともにシリコン基板内部に進み、72 fs 経過後には $C_{12}H_{25}$ フラグメント中のほぼ全ての炭素原子がシリコン基板中に注入された。シリコン基板中の炭素はシリコンと結合したが、これは、実際にシリコン表面に $C_{12}H_{25}$ フラグメントイオンを照射し、エックス線光電子分光法を用いて行った分析結果を支持する。



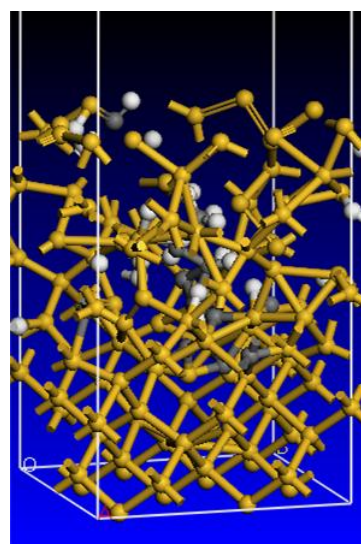
(a) 0 fs 後



(b) 24 fs 後



(c) 48 fs 後



(d) 72fs 後

図 2 : 入射開始から(a) 0 fs 後、(b) 24 fs 後、(c) 48 fs 後、(d) 72 fs 後のシミュレーション結果

参考文献

1. G. H. Takaoka, H. Ryuto, M. Takeuchi, J. Mater. Res. 27, 806 (2012).